

碩士學位論文

옥돔, *Branchiostegus japonicus*

생식주기와 성특징

110,765



濟州大學校大學院
水産生物學科

崔 丁 權

2001年 6月

옥돔, *Branchiostegus japonicus*

생식주기와 성특징

指導教授 李 榮 敦

崔 丁 權

 제주대학교 중앙도서관
이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함

2001年 6月

崔丁權의 理學碩士 論文을 認准함

審査委員長 최 광 식

 委 員 이 제 희

 委 員 이 영 돈



濟州大學校 大學院

2001年 6月

Reproductive Cycle and Sexual
Characteristic of Horsehead,
Branchiostegus japonicus

Jeong-Kwueon Choi

(Supervised by Professor Young-Don Lee)



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

June 2001

목 차

Abstract	i
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
III. 결 과	5
1. 생식소의 형태	5
2. 암컷 GSI의 월별변화	6
3. 난형성	7
4. 성숙난소에서 난모세포의 발달단계별 분포	12
5. 생식주기	14
6. 전장에 따른 성의 분포	15
7. 정소우세 간성개체	16
8. 난소우세 간성개체	18
IV. 고 찰	19
V. 요 약	25
VI. 참 고 문 헌	27

감사의 글

Abstract

Oocyte development and pattern of sex differentiation were investigated in horsehead, *Branchiostegus japonicus*, in Jeju costal sea to understand the reproductive cycle, and sexual characteristic. The gonadosomatic index (GSI) was increased in June and reached to its maximum in October. Developmental changes of the ovary were correlated with the pattern of GSI. On the basis of histological observation, the oocytes were divided into the following nine stage: chromatin-nucleolus, peri-nucleolus, oil-droplet, yolk vesicle, primary yolk, secondary yolk, tertiary yolk, migratory nucleus, and ripe stages. The oocytes of yolk stage were observed from October to December. After January, the ovaries were composed of the chromatin-nucleolus and peri-nucleolus oocytes. Based on above observation, reproductive cycle of the horsehead could be divided into the following successive stages: growing (July), mature (September), ripe and spawning (October and November) and resting and recovery stage (December to June). Major spawning period was October. Based on a oocyte development pattern, the horsehead was considered as asynchronous oocyte development type. This species was considered as spawning over two times during spawning period. The process of sex differentiation from undifferentiated stage to ovary and testis was also divided into four types in this study. Female: gonad was ovaries of female containing oocytes and ovarian cavity without spermatogenic tissue. Superior Female Intersex (SFI): gonad was mostly composed of previtellogenic and vitellogenic oocytes, and the periphery of the lamella contained several spermatogenic tissue. Superior Male Intersex

(SMI): gonad was mostly contained spermatocytes formed within cysts and several previtellogenic oocytes, but not composed of the ovarian cavity. Finally, Male: testis of male was filled with active spermatogenesis, but contained no oocytes. In this species, Sex distribution of female, SFI, SMI, and male in total length were 12.0~39.9 cm, 19.0~39.9 cm, 19.0~39.9 cm, and 25.0~42.9 cm, respectively. These results suggest that type of sex differentiation in *B. japonicus* was considered as undifferentiation gonochorismic type.



I. 서론

옥돔, *Branchiostegus japonicus*은 농어목, 옥돔과에 속하는 난류성 어종으로서 세계적으로는 3속 28종이 알려져 있으나 우리 나라 주변에는 옥돔, *B. japonicus*, 황옥돔, *B. auratus*, 옥두어, *B. argentatus* 등 3종이 서식한다(Jeong, 1998). 옥돔은 우리 나라 남해, 일본 중부 이남, 동·남중국해에 걸쳐 분포하고 수심 10~300 m 되는 대륙붕 가장자리에 걸쳐 서식하며 특히, 펄이나 모래바닥에 구멍을 파고 그 속에서 생활하는 습성을 가진다(Kim et al., 1994). 제주도 연근해역에는 주로 성산포 북동방 20~50 마일과 한림주변 해역에 어장이 형성되고, 1990년대 초반까지는 대부분 연안연승어업으로 어획되었다(Kim and Jeong, 1988). 제주도에서 옥돔은 지역 특산품으로 고가의 어류이나 어획 강도가 증가되어 연안 자원량이 급격히 감소하는 실정이다.

제주도 근해에 서식하는 옥돔을 대상으로 연령과 성장에 관한 연구(Jang, 1986; Kim and Jeong, 1988)와 생식주기(Yang et al., 1997) 등이 있고, 일본 연근해와 동중국해의 옥돔을 대상으로 한 연구는 연령과 성장 그리고 산란생태에 관한 자원생물학적 연구(Lim and Misu, 1974; Hayashi, 1976, 1977, 1979)와 이 종의 성분화와 성성숙 및 산란에 관한 연구(Watanabe and Suzuki, 1996) 등이 있다.

그리고 미국 동부의 Carolina 해역에 서식하는 *Caulolatilus microps* (Ross and Merriner, 1983), 멕시코의 La Paz 만에 서식하는 *C. princeps* (Elorduy-Garay and Ramirez-Luna, 1994), 캘리포니아만의 Cerralvo 운하에 서식하는 *C. affinis* (Ceballos-Vázquez and Elorduy-Garay, 1998) 등의 옥돔류 (Branchiostegidae)를 대상으로 난소 발달 양상에 따른 성숙과 산란 특성에 관한 연구들이 있다.

어류의 성체제는 자웅이체와 자웅동체로 크게 구분되고 있다. 자웅이체는 초기 성분화 과정에서 조직의 형태적 특징에 따라 분화형과 미분화형으로 나누고 있다(Yamamoto, 1969). 분화형 자웅이체는 넙치, *Paralichthys*

olivaceus (Lee and Lee, 1990), 자주복, *Takifugu rubripes* (Matsuura, 1994), pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Strussmann et al., 1996a), channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Patino et al., 1996), 남미산 atherinids, *Odontesthes argentinensis*와 *Patagonina hatcheri* (Strussmann et al., 1996b), 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Lee et al., 1996), 산천어, *Oncorhynchus masou* (Park et al., 1997), 썸뱅이, *Sebastiscus marmoratus* (Oh, 1998) 등이 있고, 미분화형 자웅이체는 잉어, *Cyprinus carpio* (Davies and Takashima, 1980), sumatra barb, *Barbus tetrazoa tetrazoa* (Takahashi and shimizu, 1983), 참돔, *Pagrus major* (Kim, 1989) 등이 있다. cichlid, *Tilapia zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), zebrafish, *Brachydanio rerio* (Takahashi, 1977), 유럽산 뱀장어, *Anguilla anguilla* (Colombo and Grandi, 1996) 등은 유어기 때 일시적인 자웅동체를 가지는 미분화형 자웅이체에 속한다. 그러나 돌돔, *Oplegnathus fasciatus* (Kim, 1998)은 초기에 암수로 완전히 분리되나 암컷의 경우 부화 후 140일부터 20개월까지 ovo-testis를 가지다가 3년어가 되면서 기능적 암컷으로 분화되어 돌돔의 성체제는 Yamamoto (1969)가 제시한 자웅이체부분에서 일부 변형되어 Kim (1998)이 새로이 제시하는 불완전 분화형에 속한다.

육듬의 경우 Watanabe and Suzuki (1996)가 자치어에서부터 성분화에 관한 연구를 하여 자웅이체에 속하는 것으로 구명하였으나, 성분화 과정에서 미분화시기에 생식소의 조직구조 분화에 관한 연구는 미미한 실정이다.

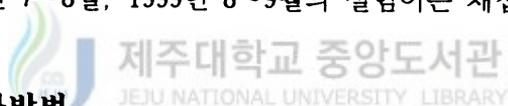
이 연구는 제주 연근해에 서식하는 육듬을 대상으로 연안 자원생물의 관리와 어미 사육 및 종묘생산에 관한 번식생물학적인 기초 자료를 탐색하기 위하여 생식소중량지수의 월별변화 그리고 난모세포 발달과 양상에 따른 생식주기와 산란시기 그리고 성분화 특성에 대해서 조직학적으로 조사하였다.

II. 재료 및 방법

실험어

실험어는 제주도 서귀포와 강정 6~8마일 해역에서 1997년 1월부터 12월 까지 연승으로 어획한 옥돔과 1998년 1월부터 12월까지 위미, 서귀포 6~8 마일 해역, 온평리 해역, 그리고 1999년 1월부터 12월까지 서귀포 동남방 6~8마일 해역에서 어획한 옥돔을 대상으로 매월 1~2회 16~117마리씩 총 1,715마리를 채집하였다(Fig. 1). 채집한 실험어의 전장은 0.1 cm, 체중은 0.1 g 그리고 생식소 중량은 0.01 g까지 측정하였다. 1999년 1월부터 12월 까지 채집한 594마리와 2000년 10월에 제주시 수산시장에서 구입한 34마리의 옥돔은 생식소 발달을 조직학적으로 조사하였다. 옥돔 조업의 중단으로 1997년과 1998년 7~8월, 1999년 8~9월의 실험어는 채집하지 못하였다.

조직학적 조사방법



채집한 옥돔은 성분화와 생식소 발달을 조직학적으로 조사하기 위해 생식소를 Bouin's solution에 고정하였고, 자동조직파라핀유도장치를 이용해 paraffin 유도과정을 거쳐 파라핀 블록을 만들어 Microtome을 이용하여 생식소 조직의 종단면을 5~7 μ m 두께로 절편하였다. 조직표본은 Harris hematoxylin(H)과 0.5%-eosin(E)으로 비교염색을 하였으며, 난세포질의 난황포의 관찰을 위해 PAS (periodic acid-schiff) 반응을 시킨 후 광학현미경하에서 검경하였다. 난모세포의 크기는 접안렌즈의 Micrometer를 사용하여 측정하였다. 난모세포 발달단계는 Hoque et al. (1998) 등의 보고를 참조하여 Camera monitor system (Sony, KX 14cpl)으로 조직상을 검색하였다.

성숙난소 내의 난모세포 발달단계는 산란기 전후에 걸쳐 7월, 10월, 11

월, 12월의 암컷 난소 내에 발달단계별 난모세포의 분포비율로 계산하였다.

생식소중량지수(GonadoSomatic Index; GSI)는 '생식소 중량×100/체중'에 의하여 계산하였다. 생식소 내에 정모세포와 난모세포가 혼재하는 간성개체 중 생식소 내에 난소강이 없고 정모세포의 분포비율이 많은 것은 정소우세 간성개체(Superior Male Intersex; SMI), 반면에 난모세포의 비율이 많은 것은 난소우세 간성개체(Superior Female Intersex; SFI)로 나누었다. 체장에 따른 연령사정은 Kim and Jeong (1988)의 보고를 참고하였다.

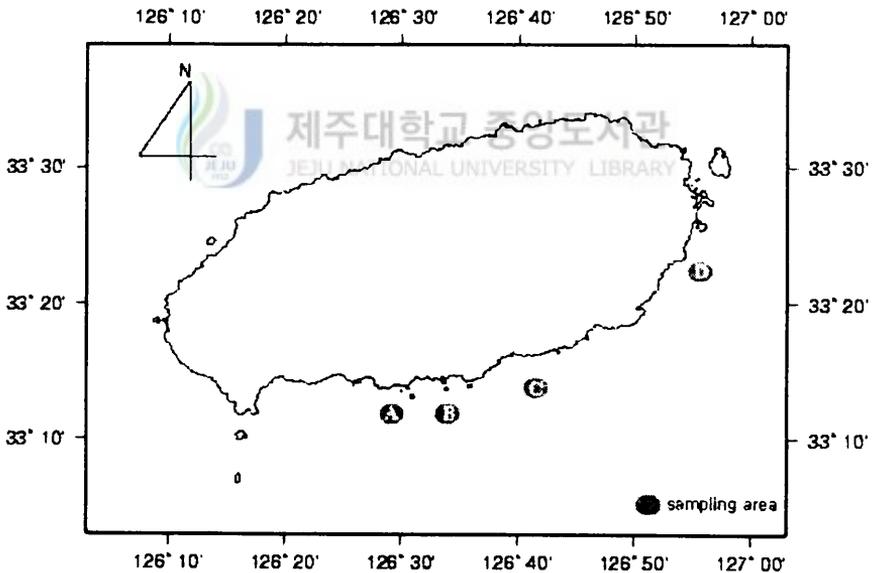


Fig. 1. Map showing four sampling areas around Jeju island where the *B. japonicus* were collected.

A: Gangjung, B: Seogwipo, C: Wimi, D: Onpyung

Ⅲ. 결 과

1. 생식소의 형태

육듬 생식소의 외부 형태는 복강 후면에서 척추골의 혈관 간극을 따라 한 쌍으로 대칭을 이루고 있다. 성숙한 난소는 담황색을 띠고 원추형의 주머니 모양으로, 난소 기부 외벽에는 혈관이 분지하였다. 정소는 난소와 마찬가지로 좌우 한 쌍으로 이루어져 있으며, 성숙한 정소는 유백색을 띠며 엽상형태로 발달하였다. 양성생식소는 외관상으로 구별하기 어려웠다.

암컷 난소의 내부구조는 많은 난소소낭으로 구성되어 있고 소낭내에서 난형성과정들이 일어났다. 수컷의 정소는 많은 정소소엽으로 이루어져 있으며 정소의 소엽내에서 정자형성과정들이 일어났다. SFI는 주변인기 단계의 어린난모세포들이 생식소의 대부분을 차지하고 생식소내 박판상피에 정원세포와 정모세포들이 드문드문 분포하였고(Fig. 2-A), SMI는 정자형성이 일어나는 소엽들 사이에 퇴행하는 난모세포들이 소수 분포하였다(Fig. 2-B).

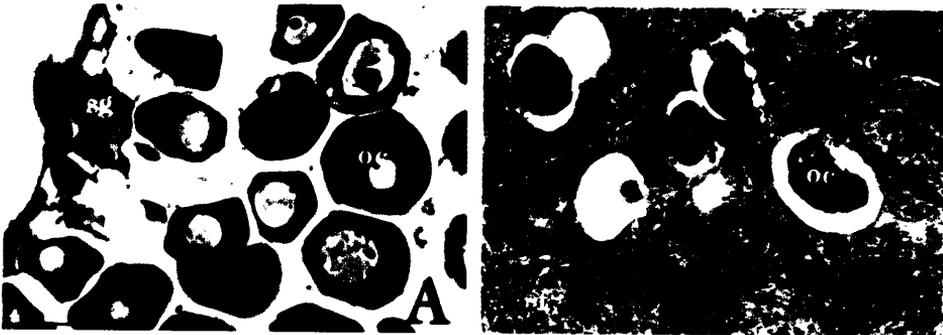


Fig. 2. Morphological feature of the gonad in SFI and SMI stained with HE.

A: SFI gonad filled with peri-nucleolus oocytes and several group of spermatogonia. B: SMI gonad was composed of the testicular lobe and several oocytes. oc: oocyte, sc: spermatocyte, sg: spermatogonium, st: spermatid. Scale bars = 25 μ m.

2. 암컷 GSI의 월별변화

암컷 옥돔의 월별 GSI 값은 1997년 1월부터 1999년 12월까지 3년 동안 유사한 경향을 보였으며, 1월부터 5월까지 0.50 이하의 낮은 값을 유지하였고 6월부터 서서히 증가하기 시작하여 9~10월에는 1.50 이상의 높은 값을 보인 후 11월에 들어서면서 다시 0.50 이하로 급격히 낮아졌다. 1999년에는 6월과 7월 사이에 GSI 값이 일시적으로 낮아지는 현상을 보였다(Fig. 3).

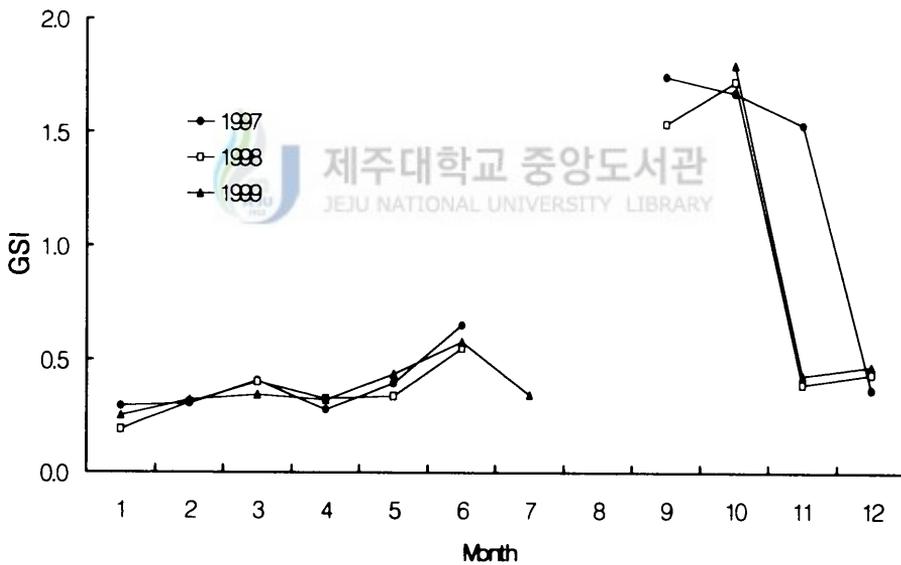


Fig. 3. Monthly changes of GSI in female *B. japonicus*, from 1997 to 1999.

3. 난형성

난형성 과정은 난모세포의 형태학적 특징과 염색성, 난황축적 상태, 핵의 이동 등 조직학적 관찰에 의해 다음의 9단계로 나누었다: 염색인기(chromatin-nucleolus stage), 주변인기(peri-nucleolus stage), 유구기(oil globule stage), 난황포기(yolk vesicle stage), 1차 난황구기(primary yolk globule stage), 2차 난황구기(secondary yolk globule stage), 3차 난황구기(tertiary yolk globule stage), 핵이동기(migratory nucleus stage) 그리고 완숙기(ripe stage)로 나누었다.

난원세포는 난경 약 $8.7 \mu\text{m}$ 로 난원세포의 대부분을 차지하는 등근 모양의 핵과 염색질을 가지고 있다. 염색인기 난모세포는 난경 약 $12.5 \mu\text{m}$ 로, 세포의 대부분을 차지하는 핵과 hematoxylin에 농염되는 세포질로 이루어져 있으며, 핵내에 염색질과 하나의 인이 분포하였다(Fig. 4-A).

주변인기 난모세포는 난경 $30.0 \sim 50.0 \mu\text{m}$, 핵경 $10.0 \mu\text{m}$ 전후이었으며 연중 분포하였다. 주변인기 난모세포의 핵내 인은 크기가 감소하면서 수가 증가하여 핵막에 접해 있고, 세포질은 hematoxylin에 농염된 난황핵(yolk nucleus)이 출현하였다(Fig. 4-B). 후기 주변인기가 되면 세포질에 염색된 hematoxylin의 농도가 떨어지고, $6.3 \sim 8.8 \mu\text{m}$ 되는 구형의 난황핵은 세포질의 주변으로 이동하여 소실되었다. 그리고 이 시기에 난모세포를 둘러싸는 여포층(follicle layer)이 형성되었다(Fig. 4-C).

유구기 난모세포는 난경 $150.0 \mu\text{m}$ 로, 세포질에 분포하는 유구들의 크기와 수가 증가하였고 공포(vacuolar)상 이었다. 여포층은 주변인기보다 두꺼워졌으며 방사선대(zona radiata)가 형성되었다. (Fig. 4-D)

난황포기 난모세포는 세포질의 염색성이 호염기성에서 호산성으로 바뀌었으며, 난모세포의 크기는 단경 $130.0 \sim 150.0 \mu\text{m}$, 장경 $150.0 \sim 170.0 \mu\text{m}$ 이었다. 난황포는 직경 $6.0 \mu\text{m}$ 의 소포로 PAS 반응에 적자색을 띠며 세포질의 가장자리를 따라 분포하였다(Fig. 4-E).

1차 난황구기 난모세포는 난경 $170.0 \sim 240.0 \mu\text{m}$ 로, 피질부에서 핵 주변

으로 난황구들이 축적되었다. 유구들은 크기가 다양하고 핵 주변에 형성되었으며 크기와 수가 증가하였다. 여포층은 보다 더 두꺼워졌고 세포질과 여포층 사이의 방사선대는 eosin에 짙게 염색되었으며 약 3.0 μm 두께였다 (Fig. 4-F).

2차 난황구기 난모세포는 난경 240.0~350.0 μm 로, 난모세포가 성장함에 따라 다양한 크기의 유구들이 세포질의 외측으로 이동하였다. 난황구들이 세포질의 거의 모든 부분에 분포하였으며 크기와 수가 증가하였다. 방사선대와 여포층은 1차 난황구기 난모세포보다 발달하였다. 방사선대는 매우 두꺼워져 eosin에 짙게 염색되었다(Fig. 4-G).

3차 난황구기 난모세포는 난경 350.0~410.0 μm 로, 세포질 전체에 난황구들이 가득 찼다. 난모세포 내에 크기가 다른 유구들이 불규칙적으로 분포하였고 방사선대는 약 8.0 μm 두께로 발달하였다(Fig. 4-H).

핵이동기 난모세포는 난경 450.0~550.0 μm 로, 세포질에 난황구가 균일하게 분포하였으며 핵막은 비정형으로 거치화 되었고 핵은 세포질의 중앙에서 동물극 쪽으로 이동하였다. 방사선대는 두께가 약 15.0 μm 로 발달하였고(Fig. 4-I), 동물극쪽 방사선대에 폭 6.0 μm , 깊이 13.0 μm 의 난문이 위치하였다(Fig. 4-J).

완숙 난모세포는 난경 560.0 μm 로, 핵은 동물극 쪽에 위치하였고 세포질의 난황구와 유구들이 균질화되어 핵막과 세포질의 구분이 어려웠다(Fig. 4-K).

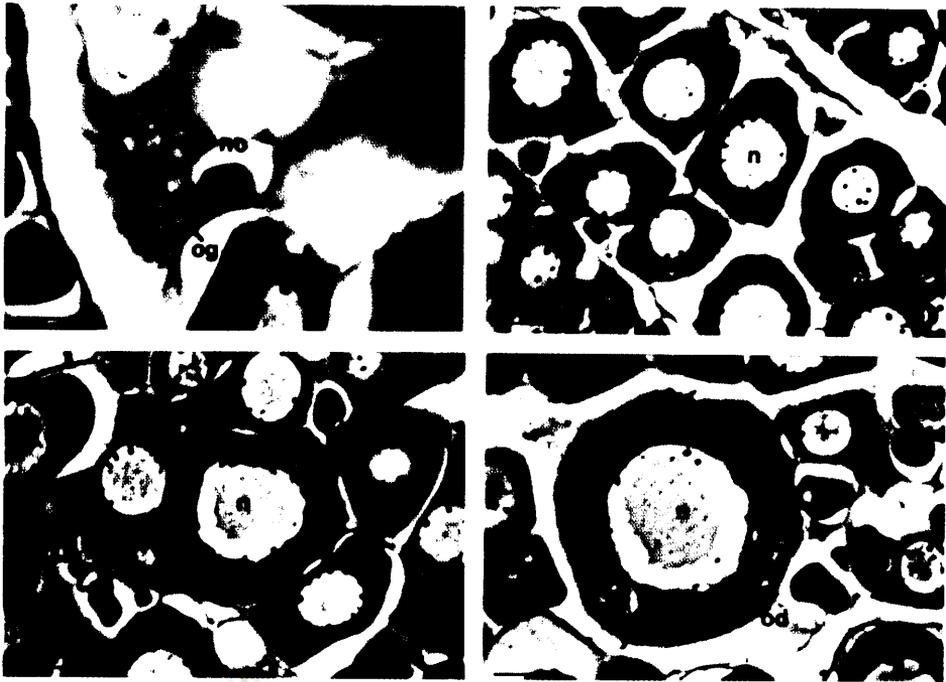


Fig. 4. Photomicrographs of *B. japonicus* stained with HE.

A: Oocyte of chromatin-nucleolus stage with very thin sheath cytoplasm and a large nucleus, Scale bar= 10 μm . B: Oocyte of the early peri-nucleolus stage: the nucleoli distribute around the inner margin of the nucleus membrane, Scale bar= 25 μm . C: Oocyte of the late peri-nucleolus stage: the yolk nucleus deeply stained with hematoxylin, Scale bar= 25 μm . D: Oocyte of the oil-droplet stage: the oil-droplets almost appear as vacuolar, Scale bar= 25 μm . cn: chromatin nucleolus oocyte, n: nucleus, no: nucleolus, od: oil-droplet, og: oogonia, op: ooplasm, yn: yolk nucleus.

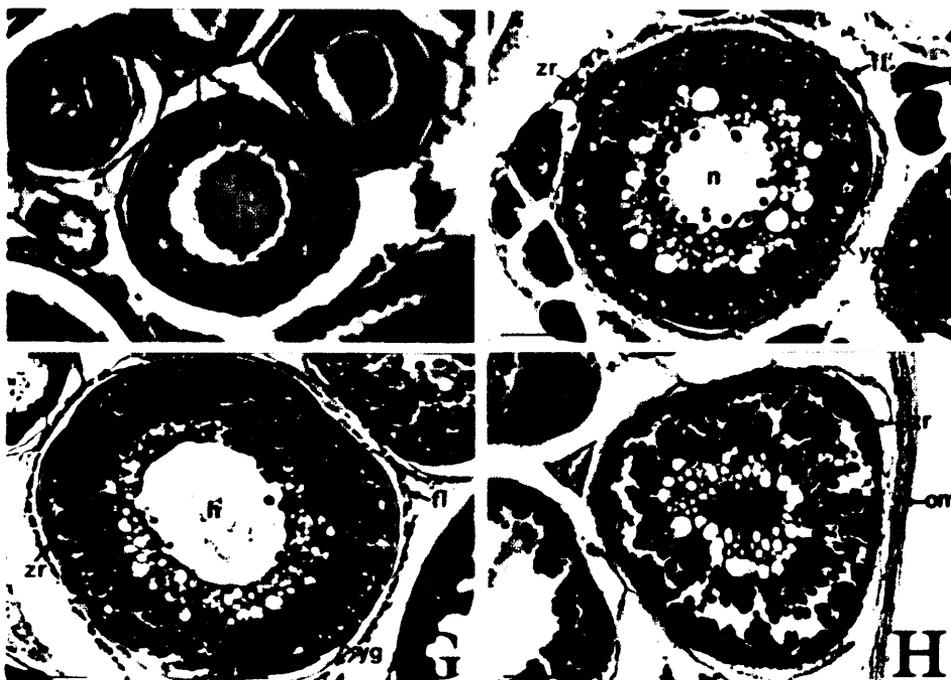


Fig. 4. Continued

E: Oocyte of the yolk vesicle stage have small vesicles, is stained with red-color in the outer region of the cytoplasm. (PAS, positive reaction) F: Oocyte of the primary yolk stage: the yolk globules appear first in peripheral cytoplasm as minute granules. G: Oocyte of the secondary yolk stage: the yolk globules increase rapidly in size and number. H: Oocyte of the tertiary yolk stage: the entire cytoplasm is filled with many yolk globules. Scale bars= 25 μ m. fl: follicle layer, n: nucleus, od: oil-droplet, om: outer ovarian membrane, yg: yolk globules, yv: yolk vesicle, zr: zona radiata.

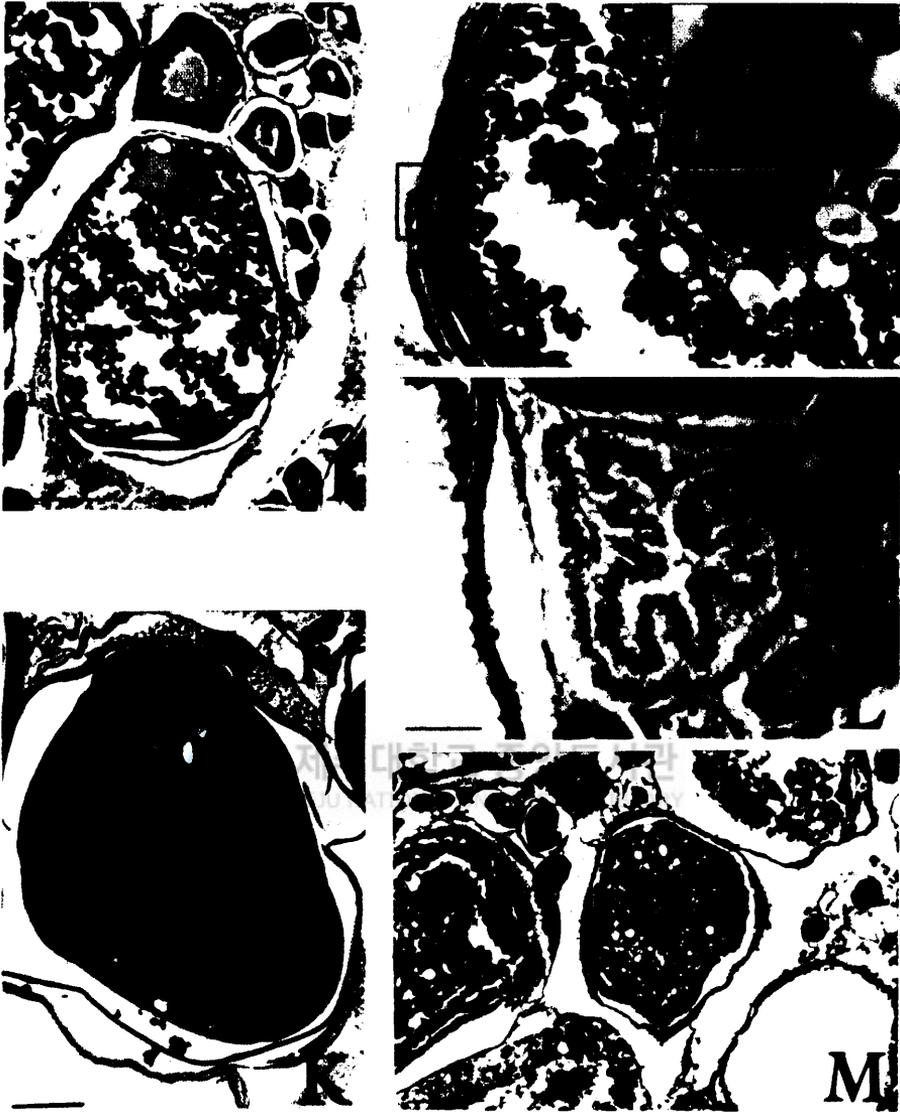


Fig. 4. Continued

I: Oocyte of the migratory nucleus stage: the nucleus moved towards the animal pole. J: the micropyle is observed at zona radiata of the animal pole (picture of right-corner magnified a square in picture J, Scale bar= 10 μm). K: Oocyte of the ripe stage: the yolk globule became a complete single mass. L: Empty follicle remained a mark after ovulation. M: Atretic oocyte. Scale bars= 25 μm . do: degenerating oocyte, ef: empty follicle, fl: follicle layer, m: micropyle, n: nucleus, od: oil-droplet, op: ooplasm, yg: yolk globules, yv: yolk vesicle, zr: zona radiata.

4. 성숙난소에서 난모세포의 발달단계별 분포

성숙한 옥둑의 난소내 난모세포 발달단계별 구성비율의 월변화는 Table 1과 같다. 난소내 주변인기 난모세포 비율은 10월에 46.1%였고 7, 11, 12월에는 83.0%, 76.8%, 86.3%였다. 유구기 난모세포들은 7월에 7.2%였고 10월에 13.0%로 7월에 비해 높았으나, 11월에 7.6%, 12월에 6.7%로 점차적으로 낮아졌다. 난황구기 난모세포의 비율은 7월에 9.5%였으나 10월에 33.9%로 7월에 비해 상대적으로 증가하였고, 11월에 7.6%, 12월에 3.4%로 급격히 감소하였다. 완숙 난모세포의 비율은 7월에 0.3%였고 10월에 5.9%로 증가하였고, 11월에 0.7%로 감소하였다. 퇴행난모세포(atretic oocyte)는 7월에 관찰되지 않았으나, 난소내 분포비율이 9월에 0.1%, 10월에 1.1%였고, 11월에 7.3%로 증가하여 12월에 1.8%로 감소하였다.

10월의 난소내에 난황구기 난모세포와 완숙 난모세포들의 비율이 높았다.



Table 1. Monthly changes of total oocyte number and frequency of each oocyte stage in mature ovary of female *B. japonicus*

Month	Total no. of oocyte	Peri-nucleolus stage		Oil droplet stage		Yolk globule stage		Ripe stage		Atretic stage		Empty* follicle
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
July	1319	1197	90.7	63	4.8	59	4.5					
	2556	2140	83.7	171	6.7	233	9.1	12	0.5			+
	1142	888	77.7	75	6.6	179	15.7					
	977	796	81.5	90	9.2	86	8.8	5	0.5			
	1117	884	79.2	112	10.0	121	10.8					
Average	1422	1181	83.0	102	7.2	136	9.5	3	0.3			
Oct.	1273	508	39.9	184	14.5	456	35.8	119	9.3	6	0.5	+++
	1220	593	48.6	135	11.1	416	34.1	50	4.1	26	2.1	+++
	1085	665	61.3	115	10.6	267	24.6	27	2.5	11	1.0	++
	2234	941	42.1	336	15.0	801	35.9	146	6.5	10	0.5	+++
	2421	1091	45.1	297	12.2	849	35.1	147	6.1	37	1.5	++
Average	1647	760	46.1	213	13.0	558	33.9	98	5.9	18	1.1	
Nov.	1075	803	74.7	91	8.5	110	10.2	6	0.6	65	6.0	+
	1160	854	73.6	75	6.5	143	12.3	4	0.3	84	7.3	+
	895	763	85.3	21	2.3	9	1.0	19	2.1	83	9.3	+
	797	665	83.4	90	11.3	28	3.5	3	0.4	11	1.4	+
	519	330	63.6	61	11.8	48	9.2			80	15.4	++
Average	889	683	76.8	68	7.6	68	7.6	6	0.7	65	7.3	
Dec.	1521	1375	90.4	71	4.7	23	1.5			52	3.4	+
	1884	1839	97.6	45	2.4							
	1768	1395	78.9	238	13.5	44	2.5	10	0.6	81	4.5	+
	1896	1862	98.2	34	1.8							
	717	476	66.4	78	10.9	92	12.8	64	8.9	7	1.0	++
Average	1557	1389	86.3	93	6.7	32	3.4	15	1.8	28	1.8	

* Relative amount of empty follicle is indicated by marks, + to +++.

5. 생식주기

암컷 생식소의 조직학적 관찰과 생식소중량지수의 변화를 종합하여 볼 때, 암컷의 생식주기는 성장기(growing stage), 성숙기(mature stage), 완숙 및 산란기(ripe and spawning stage), 휴지 및 회복기(resting and recovery stage)의 4단계로 구분할 수 있었다.

성장기(growing stage): GSI 값이 상승하는 6월부터 일부 개체들의 난소가 활성화되기 시작하였으며 주변인기의 난모세포들이 성장을 시작하였다. 이들 성장기 개체들은 7월에 가장 많이 출현하였다.

성숙기(mature stage): GSI 값이 높은 값을 보이는 9월에서 10월 사이의 난소는 다량의 난황을 축적한 300.0 μm 전후의 성숙한 난모세포가 분포하였다.



완숙 및 산란기(ripe and spawning stage): GSI 값이 최고치를 보이는 10월의 난소는 난소소낭 내에 530.0~570.0 μm 전후의 완숙란으로 가득 차 있으며, 부분적으로 배란 흔적을 보였다. 이러한 산란개체는 12월까지 일부 있으나, 대부분 10~11월에 출현하였다.

휴지 및 회복기(resting and recovery stage): GSI 값이 급격히 낮아지는 11월의 난소는 미방출된 난이 퇴화·흡수되면서 급격히 위축되었다. 2~3월의 난소는 20.0 μm 전후의 어린 난모세포들이 난소소낭 상피에 분포하였고, 생식상피가 재배치되었다. 이러한 회복기 상태는 이듬해 6월까지 장기간 지속되었다.

6. 전장에 따른 성의 분포

생식소의 조직학적 조사에 의해 분석한 전장에 따른 성의 분포를 Table 2에 나타내었다. 조사된 옥돔의 전장은 12.7~41.5 cm 범위였다. 총 628 마리 중 362 마리(57.7%)가 암컷으로 절반 이상을 차지하였고, 수컷은 63 마리(10.0%)였으며 간성개체는 203 마리(32.3%)였다. 간성개체 중 SMI는 103 마리(16.4%), SFI는 100 마리(15.9%)였다. 전장에 따른 성을 조사한 결과, 암컷은 12.0~33.9 cm (99.0%)에서 주로 분포하였고, 수컷은 전장 25.0 cm 이상에서 출현하였다. SMI는 전장 12.0~15.9 cm 와 22.0~30.9 cm (98.1%) 사이에서 주로 분포하였고, 산란 전인 3~5월과 산란기와 산란 직후인 10~12월에 출현하였다. 그리고 SFI는 전장 19.0~33.9 cm (97%) 사이에서 주로 분포하였고, 1월과, 3~5월에 출현하였다.

Table 2. Sex ratio according to the total length in *B. japonicus*

Total length(cm)	No. of fish	Female		Male		SMI*		SFI**	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
12.0~15.9	34	27	79.4	0	0	7	20.6	0	0
19.0~21.9	41	34	83.0	0	0	1	2.5	6	14.6
22.0~24.9	118	75	63.6	0	0	24	20.4	19	16.1
25.0~27.9	203	125	61.6	8	3.9	32	15.8	38	18.7
28.0~30.9	144	78	54.2	12	8.3	26	18.1	28	19.4
31.0~33.9	42	19	45.2	11	26.2	6	14.3	6	14.3
34.0~36.9	31	3	9.7	20	64.5	6	19.4	2	6.5
37.0~39.9	12	1	8.3	9	75.0	1	8.3	1	8.3
40.0~42.9	3	0	0	3	100	0	0	0	0
Total	628	362	57.7	63	10.0	103	16.4	100	15.9

* SMI: Superior Male Intersex,

** SFI: Superior Female Intersex

7. 정소우세 간성개체(SMI)

SMI는 생식소 내에 정원세포와 소수의 난모세포들이 혼재하였고(Fig. 5-A), 난모세포들이 퇴행과 함께 박판내 생식상피(germinal epithelium)를 따라 정원세포들과 정모세포들이 분열증식하였다(Fig. 5-B). 생식소가 발달함에 따라 생식소는 생식상피 주변을 따라 정원세포와 정모세포들이 수적으로 증가하면서 포낭을 형성하였다(Fig. 5-C). 성숙시기(10월)에 접어들면서 생식소는 다수의 소엽을 형성하였고, 소엽내에는 정모세포, 정세포들이 대부분 차지하였으며 소수의 주변인기 난모세포만이 드문드문 분포하였다(Fig. 5-D). 산란시기의 생식소는 소엽 내에 정원세포, 정모세포, 정세포, 정자들로 가득 차고 1~2개의 난모세포만이 존재하였다(Fig. 5-E).



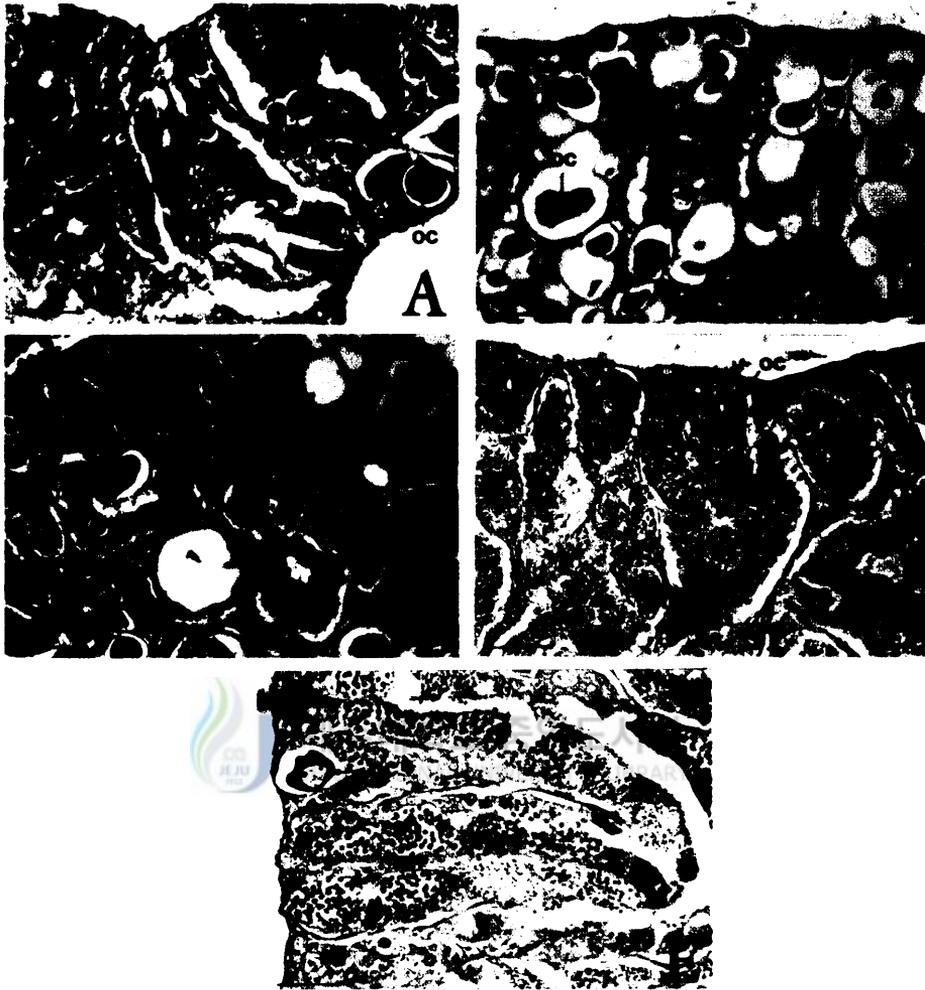


Fig. 5. Photomicrographs of the SMI gonad in *B. japonicus* stained with HE. A: Most spermatocytes and several oocytes are distributed in gonad. B: Degenerating oocytes, spermatogonia and spermatocytes are distributed in germinal epithelium of gonad. C: The spermatogonia and spermatocytes around germinal epithelium formed cysts. D: The cyst with spermatocytes and spermatids in gonad is formed lobule. E: The lobule of gonad is filled with spermatogonia, spermatocytes, spermatids and spermatozoa, Scale bars= 25 μ m. oc: oocyte, sc: spermatocyte, sg: spermatogonia, st: spermatid

8. 난소우세 간성개체(SFI)

SFI는 대부분 주변인기 난모세포들이 차지하는 초기 성장단계의 생식소로서 생식상피에 6.0~7.0 μm 크기의 정원세포 무리들이 드문드문 분포하였다(Fig. 6-A). 그리고 생식상피의 막성기질에 정원세포 무리뿐만 아니라 3.5~4.0 μm 크기의 제 1 정모세포 무리들도 일부 관찰되었다(Fig. 6-B). 그러나 제 1 정모세포 이상 발달한 정모세포, 정세포, 정자들은 찾아 볼 수 없었다.



Fig. 6. Photomicrographs of the SFI gonad in *B. japonicus* stained with HE. A: spermatogonia distributed in germinal epithelium of the gonad filled with peri-nucleolus oocytes (picture of left-corner magnified a square in picture A, Scale bar= 10 μm .) Scale bar= 25 μm . B: spermatocytes distributed in germinal epithelium of the gonad filled with peri-nucleolus oocytes, Scale bar=10 μm . sc: spermatocyte, sg: spermatogonium.

IV. 고찰

경골어류의 난소는 생식수란관의 구조와 연관하여 일반적으로 크게 나상형(gymnovarian condition)과 낭상형(cystovarian condition)으로 나누며(Hoar, 1957), 낭상형은 난소의 조직학적 특성에 따라 낭상형 I과 낭상형 II로 구분하고 있다(Takano, 1964, 1989). 옥돔은 난소 실질부가 선단으로부터 원통상으로 신장하고 이에 따라 난소 박판은 실질부 중양을 달리는 혈관계를 중심으로 방사상 배치를 하며, 이것을 둘러싸고 난소강이 끊긴데 없이 전역에 확장되는 낭상형 II에 속한다.

대부분의 어류는 계절적으로 한정된 시기에 성숙·산란하며, 산란기를 중심으로 생식주기를 나타내고 있는데, 생식활성을 제어하는 요인으로서 빛과 수온이 깊이 관여하고 있다(Baik, 1985; An, 1994). 어류의 생식소 발달과 생식세포의 퇴화에 영향을 주는 광주기와 수온의 변화로 어류의 산란형을 계절적으로 구분하고 있다(Aida, 1991). 금붕어, *Carassius auratus* (Razani and Hanyu, 1986)같은 춘계산란형, 그물코취치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu, 1984), 자리돔, *Chromis notatus* (Lee and Lee, 1987), 용치놀래기, *Halicoeres poecilopterus* (Lee et al., 1991), 어렁놀래기, *Pteragogus flagellifera* (Lee et al., 1992), tile fish, *Stephanolepis cirrhifer* (Lee et al., 2000)같은 하계산란형, 납자루속에 속하는 *Acheilognathus rhombea*와 *A. longipinnis* (Shimizu and Hanyu, 1982, 1983)같은 추계산란형, 별망둑, *Chasmichtys dolicognathus* (Kaneko et al., 1984)과 별망둑속에 속하는 *Chaenogobis macrognathus* (Hibino, 1984)와 같은 동계산란형, 송사리, *Oryzias latipes* (Awaji and Hanyu, 1987, 1988), 검정망둑, *Tridentiger obscurus* (Kaneko, 1986), 말취치, *Thamnaconus modestus* (Lee et al., 2000)같은 춘하계산란형 그리고 *Repomucenus beniteguri* (Zhu et al., 1989)같은 춘추계산란형이 있다. 일반적으로 춘하계산란형에 속하는 어류는 생식소 성숙의 시작과 산란기의 시작은 수온의 상승에 의하여 유도되며, 산란기의 종료는 일장의 단일화에

의하여 유도된다(Asahina and Hanyu, 1983; Awaji and Hanyu, 1988; Kaneko, 1986; Shimizu and Hanyu, 1982). 반면 추계와 동계산란형들은 주로 일장의 단일화에 의하여 생식소 성숙과 산란이 촉진된다고 알려져 있다(Shimizu et al., 1987; Lundquist, 1980). 이 연구에서 생식소를 조직학적으로 조사한 결과, 계절에 따른 제주산 옥돔의 생식소 발달 양상은 수온이 내려가기 시작하고, 일장이 짧아지는 10~11월에 주로 산란을 하는 추계산란형에 속하는 것으로 나타나 Yang et al. (1997)의 생식주기 결과와 유사하였다. 이 밖에 제주에 서식하는 흰점독가시치, *Siganus canaliculatus* (Hwang, 1999)는 한 산란시기에 1회 산란하는 반면 오키나와에서는 lunar cycle에 따라서 2~3회 산란하여 같은 독가시치류인 경우도 서식지에 따라서 산란리듬이 다르게 나타나고 있다. 그러나 옥돔의 경우에 일본 태평양 연안의 Tokushima 현과 제주도 연안에서는 유사하게 나타나고 있다.

난형성 과정은 난모세포의 형태학적 특징과 염색성, 난황축적 상태, 여포세포의 발달, 핵의 이동 등 조직학적 관찰에 의해 발달단계를 나누며 초기성장기 난모세포를 인의 배열과 발달에 따라 염색인기(chromatin-nucleolus), 주변인기 전기(early peri-nucleolus stage) 및 주변인기 후기(late peri-nucleolus stage)로 구분할 수 있다(Guraya et al., 1975). 특히, 대부분의 경골어류의 경우 난황핵(yolk nucleus)은 난모세포의 세포질에 난황물질이 축적되기 전인 주변인기 단계에 나타나서 난모세포가 난황포기로 성장하면서 소실되는데(Chung and Lee, 1985; Lee and Lee, 1987), Guraya (1979)는 난황핵이 세포소기관 및 지방체의 형성과 증가 그리고 축적의 장소로서 난모세포의 대사과정에서 중요한 역할을 한다고 추정하고 있다. 이 연구에서도 주변인기 전기에 출현한 난황핵은 주변인기 후기에 세포질 주변으로 이동하여 소실되었고, 이 시기에 난모세포를 둘러싸는 여포층이 보이기 시작하였다. 이로 미루어 보아 난황핵은 옥돔에서도 난세포질에 난황형성 시기와 관계가 있다고 생각한다.

난모세포내 유구의 출현시기는 어종에 따라서 다르게 나타나는데, 구피, *Lebistes reticulatus*(Takano, 1964), 농어, *Lateolabrax japonicus* (Hayashi,

1972)에서는 난세포질에 난황포 출현과 함께 나타나고, 자리돔(Lee and Lee, 1987)에서는 난황포 형성이 시작된 후에 생긴다. 이 연구에서 옥돔의 난모세포내 유구의 출현시기는 주변인기 난모세포에서 난황포기 난모세포로 들어가는 시기에 형성되어 구피, 농어와 유사하다.

어류의 난모세포 발달양식은 동기발달형, 난군동기발달형, 난군비동기발달형의 3 가지형으로 나눌 수 있다(Wallace and Selman, 1981). 옥돔의 경우 성숙·산란시기에 성장단계가 다양한 난모세포들이 난소내에 분포하고 있어, 난모세포 난 발달양식은 난군비동기발달형으로 산란시기에 2회 이상 산란하는 것으로 생각된다. 그리고 산란·방정 후 난소소낭과 정소소관에 미방출 된 성숙란과 정자들은 퇴화·흡수되었으나 어린 난모세포들은 생식상피에 그대로 존재하고 있어, 이들은 이듬해 성장기에 그대로 참여하여 조기 성숙되는 것으로 보여진다. 옥돔류 *C. affinis* (Ceballos-Vázquez and Elorduy-Garay, 1998)와 *C. princeps* (Elorduy-Garay and Ramirez-Luna, 1994)도 난군비동기발달형으로 산란시기 10월에서 4월에 걸쳐 다회 산란한다.

제주연안에 서식하는 옥돔의 체장에 따른 암·수의 분포는 전장 15.0~30.0 cm 범위에서는 암컷의 점유율이 높고, 전장 30.0 cm 이상에서는 대부분 수컷이 분포하며, 전장 14.4 cm에 처음으로 수컷이 출현한다(Kim and Jeong, 1988). 이 연구에서 조사된 옥돔의 성분포는 전장 12.0~33.9 cm 범위에서 암컷의 분포비율이 99%, 전장 34.0 cm 이상에서는 수컷의 분포비율이 70% 이상으로 높게 나타나 Kim and Jeong (1988)의 보고와 유사하다.

웅성선속어인 anemonefish, *Amphiprion frenatus*에서는 29 마리(전장 53.3~86.7 mm) 중 3 마리는 정소와 난소조직을 가진 자용동체였다. 정소 부분은 생식소의 바깥쪽 주변부에, 난소부분은 안쪽에 위치하였고 두 조직 사이에 경계는 없었다. 난소조직은 주로 주변인기 단계의 난모세포들로 구성되고 대부분의 난모세포들이 퇴행하였다(Nakamura et al., 1994). 이 연구에서 SMI는 생식상피 주변을 따라 정모세포들이 분포하면서 포낭을 형성한 후, 정모세포들이 분포하는 면적이 증가하면서 정소소엽의 형태를 갖추

었다. 그리고 정자형성 과정의 발달에 따라 생식소내에 주변인기 난모세포들이 퇴행한다는 점에서 유사한 결과를 보였다.

자성선속어인 자바리, *Epinephelus bruneus*는 전장 30.0~92.3 cm 범위의 개체에서 대부분의 생식소 내에 난원세포와 주변인기 난모세포로 구성되고, 일부 개체만이 생식상피를 따라 시원생식세포(gonial cell)가 정모세포형(spermatogenic cell)으로 발달하나 그 이상의 발달은 관찰되지 않았고, 능성어, *E. septemfasciatus*의 경우에도 전장 23.4~38.7 cm 범위에서 이와 유사한 생식소 발달을 하였다(Lee et al., 1993). 이 연구의 결과 SFI에서 생식소 내에 생식상피를 따라 정원세포와 정모세포들이 관찰되었으나 정모세포 단계 이상의 발달이 관찰되지 않아서 자바리, *E. bruneus*, 능성어, *E. septemfasciatus*와 비슷한 양상을 보였다. 그리고 붉바리, *E. akaara*는 전장 22.0~33.0 cm 범위에서 대부분의 생식소내에 주변인기 난모세포들이 차지하고 있으며 기질의 생식상피에 시원생식세포들이 무리를 형성하고 있는데, 생식소 기질에서 포낭(cyst)내에 있는 시원생식세포들은 대부분 정모세포로 분화하고 섬유성 간충직기질에 흩어져 분포하는 시원생식세포들은 난모세포로 분화 발달하는 경향이 있다(Hwang, 1993).

자성선속어인 wrasse, *Thalassoma duperrey*는 성전환이 일어나기 전에 난소 박판에서 시원생식세포들이 관찰되는데 형태적으로 난원세포나 정원세포의 구분이 어렵다(Nakamura, 1989). 옥돔에서도 난원세포와 정원세포의 형태적인 구분은 어려웠다.

Tokushima 현 옥돔의 경우 부화 후 전장 15.0 cm 전까지는 생식소내 난모세포와 정모세포가 혼재하는 간성상태였다(Fig. 7). 난소강을 갖는 암컷은 전장 15.0 cm 이상에서 출현하였고, 생식소내 정모세포들이 대부분 차지하는 간성 개체는 전장 18.0 cm에서 나타났으며, 암컷의 성성숙 개체는 전장 22.0 cm, 수컷의 성성숙 개체는 전장 29.0 cm에서 출현하였다(Watanabe and Suzuki, 1996). 옥돔류인 *C. affinis*에서 암컷은 전장 22.1~30.0 cm에서 출현이 많았고, 수컷은 전장 24.1~32.0 cm에서 주로 분포하였다(Ceballos-Vázquez and Elorduy-Garay, 1998).

이 연구에서 제주 연안의 옥돔은 전장 12.0~15.0 cm 범위의 개체에서 생식소 내에 난소강을 형성한 암컷과 생식소 내에 소수의 주변인기 난모세포와 정모세포들이 대부분 차지하는 SMI가 출현하였고, 암컷의 성성숙 개체는 전장 23.0 cm, 수컷의 성성숙 개체는 25.0 cm 에서 출현하여 Watanabe 와 Suzuki (1996) 등의 보고와 유사한 양상을 보였으나 암컷의 성성숙의 개체가 다소 큰 개체에서 나타났다. 그리고 이 연구에서 난소강을 갖는 SFI는 생식상피에 시원생식세포들이 분포하는데 이들 중 일부는 정모세포로 발달하나, 이러한 개체들도 성숙시기에는 난소 내에 완숙란이 대부분 차지할 뿐 아니라 산란흔적을 보여 암컷으로 기능을 갖는 것으로 간주된다. 그리고 생식소에서 주변인기 난모세포들이 소수 분포하고 대부분 정모세포들이 분포하는 SMI의 경우도 성숙시기에 소엽 내강에 정자무리들이 가득 채워져 수컷으로 기능을 하고 있다. 이 연구에서 SFI가 암컷으로, SMI가 수컷으로 분화하는 것을 조직학적으로 관찰하였다. SFI가 수컷으로, SMI가 암컷으로 전환되는 개체는 찾아 볼 수 없었으나(Fig. 8) 이에 관한 분화과정은 앞으로 조사할 필요가 있다.

옥돔류인 *C. affinis* (Ceballos-Vázquez and Elorduy-Garay, 1998)와 *C. princeps* (Elorduy-Garay and Ramirez-Luna, 1994) 생식소 내에 난모세포들과 정모세포들이 혼재하는 간성(intersex)의 출현은 없었으나 전장에 따른 성의 분포는 전장 22.0~30.0 cm 범위는 대부분 암컷이었고, 전장 26.0~34.0 cm 범위 이상에서는 수컷의 출현이 많았다.

이 연구에서 옥돔의 경우 전장에 따른 성의 분포와 정소의 내부구조를 볼 때 암컷에서 수컷으로 성전환 되는 2차 수컷의 구조적 특징을 찾아 볼 수 없어서, 옥돔의 성분화 체제는 미분화형 자웅이체로 생각되나 앞으로 옥돔의 성분화 과정을 탐색하여 초기 성특성을 보다 세밀하게 조사할 필요가 있다고 본다.

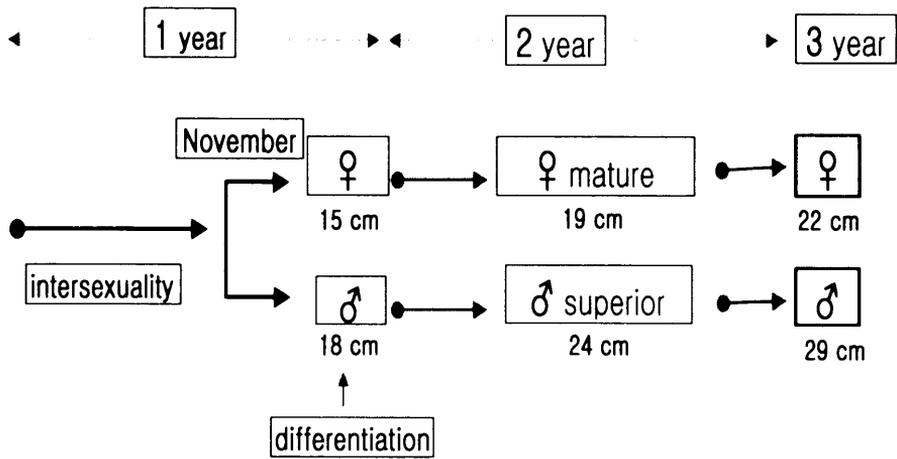


Fig. 7. Sexual differentiation of *B. japonicus* in Tokushima prefecture.

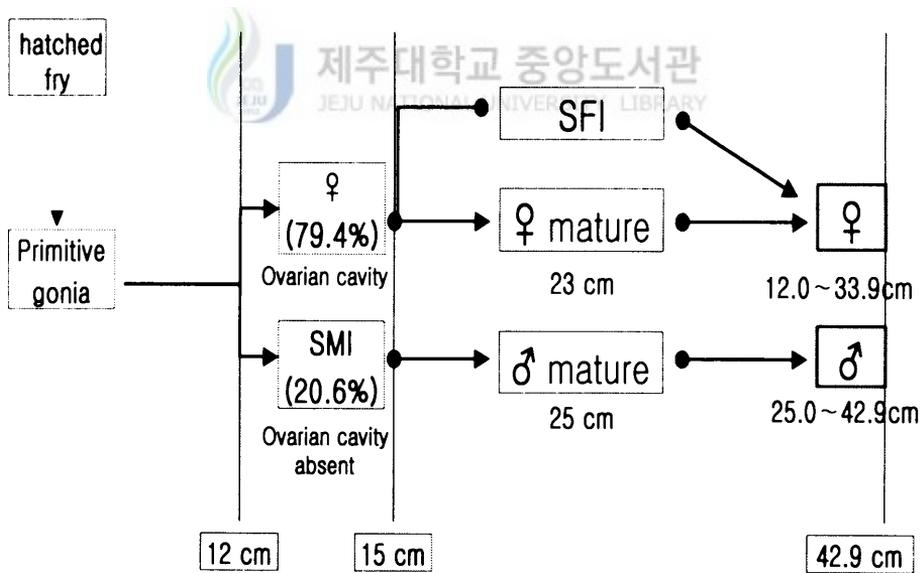


Fig. 8. Sexual differentiation of *B. japonicus* in this study.

SMI: Superior Male Intersex. SFI: Superior Female Intersex.

V. 요약

제주 연근해산 옥돔, *B. japonicus*의 생식주기와 성특징을 파악하기 위하여 생식소증량지수, 난모세포 발달과 성분화 양상에 관하여 조직학적으로 조사하였다.

1. 생식소증량지수는 1997년 1월부터 1999년 12월까지 유사한 양상을 보였으며 9~10월에는 1.50 이상의 높은 값을 보인 후 11월에 들어서면서 다시 0.50 이하로 급격히 낮아졌다.
2. 난형성 과정은 난모세포의 형태학적 특징과 염색성, 난황축적 상태, 여포세포의 발달, 핵의 이동 등 조직학적 관찰에 의해 다음의 9단계로 나누었다: 염색인기, 주변인기, 유구기, 난황포기, 1차 난황구기, 2차 난황구기, 3차 난황구기, 핵이동기 그리고 완숙기로 나누었다.
3. 암컷의 생식주기는 난소내 난모세포의 발달단계를 기초로 하여 성장기(7월), 성숙기(9월), 완숙 및 산란(10~11월), 휴지 및 회복기(12~6월)로 나누었다. 주 산란시기는 10월이고 난발달 양식은 난군비동기 발달형으로서 산란시기에 2회 이상 산란하는 것으로 추정된다.
4. SMI는 정모세포들이 생식소내에 대부분을 차지하였고 소수의 난모세포들이 혼재하였다.
5. SFI는 난소의 형태를 가지며 생식소내에 난모세포들이 대부분 차지하였고, 소수의 정원세포 무리와 정모세포 무리들이 혼재하였다.
6. 총 628 마리 중 362 마리(57.7%)가 암컷, 63 마리(10.0%)가 수컷이었고 간성개체는 203(32.3%) 마리였다. 간성개체 중 SMI는 103 마리(16

.4%), SFI는 100 마리(15.9%)였다. 조사한 옥돔의 전장은 12.7~41.5 cm 범위였다. 전장에 따른 성의 분포를 보면, 암컷은 12.0~33.9 cm (99.0%)에서 주로 분포하였고, 수컷은 전장 25.0 cm 이상에서 출현하였다. SMI는 전장 12.0~15.9 cm 와 22.0~36.9 cm (98.1%) 범위에서 주로 분포하였다. 그리고 SFI는 전장 19.0~33.9 cm (97.0%) 범위에서 주로 분포하였다.

7. 이들의 결과에서 옥돔의 성현상은 난소에서 정소로 성전환하는 2차 수컷을 찾아볼 수 없어 미분화형 자웅이체로 생각되나, 앞으로 초기 성분화 과정을 탐색하여 성체제에 대한 심도 있는 연구가 요구된다.

VI. 참고문헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. inst. Zool. Academia Sinica. Monograph., 16, 173~187.
- An, C. M. 1994. Studies on the reproductive cycle and reproductive control mechanism in a spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii*. Pd. D. Thesis Nat. Fish. Univ. Busan, 81 pp (in Korean).
- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhoreus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 49, 61~67.
- Awaji, M. and I. Hanyu. 1987. Annual reproductive cycle of wild type of medaka. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 959~965.
- Awaji, M. and I. Hanyu. 1988. Effects of water temperature and photoperiod on the beginning of spawning season in the orange-red type medaka. Zool. Sci., 5, 1059~1064.
- Baik, H. J. 1985. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the longchin goby, *Chasmichthys dolichognathus*(Hilgendorf). M. S. Thesis Nat. Fish. Univ. Busan, 32 pp (in Korean).
- Ceballos-Vázquez, B. P. and J. F. Elorduy-Garay. 1998. Gonadal development and spawning of the golden-eyed tilefish *Caulolatilus affinis* (Pisces: Branchiostegidae) in the Gulf of California, Mexico. Bull. Mar. Sci., 63(3), 469~479.
- Chung, E. Y. and T. Y. Lee. 1985. Studies on the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel). Bull. Nat. Fish. Univ. Busan, 25, 26~42 (in Korean).
- Colombo, G. and G. Grandi. 1996. Histological study of the development and sex differentiation of the gonad in the European eel,

- Anguilla anguilla*. J. Fish. Bio. 48, 493~512.
- Davies, P. R. and F. Takashima. 1980. Sex differentiation in common carp, *Cyprinus carpio*. J. Tokyo Univ. Fish., 66(2), 191~199.
- Elorduy-Garay, J. K. and S. Ramirez-Luna. 1994. Gonadal development and spawning of female ocon whitefish, *Caulolatilus princeps* (Pisces: Branchiostegidae) in the Bay of La Paz, B. C. S. Mexico. J. Fish. Biol., 44, 553~566.
- Guraya, S. S. 1979. Recent advances in the morphology, cytochemistry and function of Ballbiani's vitellogenin body in animal oocytes. Int. Rev. Cytol., 59, 249~321.
- Guraya, S. S., S. Kaur and P. K. Saxena. 1975. Morphology of ovarian changes during reproductive cycle of fish, *Mystus tengara* (Ham.). Acta anat., 91, 222~260.
- Hayashi, I. 1972. On the ovarian maturation of the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Japan. J. Ichthyol., 19, 243~254.
- Hayashi, Y. 1976. Studies on growth of the red tilefish in the east China sea-II. Estimation of age and growth from otolith-reading. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42(11), 1243~1249.
- Hayashi, Y. 1977. Studies on the maturity and the spawning of the red tilefish in the east China sea-I. Estimation of the spawning season from the monthly changes of gonad index. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43(11), 1273~1277.
- Hayashi, Y. 1979. Studies on the maturity and the spawning of the red tilefish in the east China sea-II. Spawning pattern estimated from the monthly changes of ovarian diameters. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45(12), 1475~1479.
- Hibino, H. 1984. Studies on reproductive rhythms in the ukigori-goby. Master thesis. The University of Tokyo.

- Hoar, W. S. 1957. The gonads and reproduction "The physiology of Fishes"(ed. M. E. Brown). Vd. 1. Academic press. New York, pp. 287~321.
- Hoque, Md. M., A. Takemura, and K. Takano. 1998. Annual Changes in Oocyte Development and Serum Vitellogenin Level in the Rabbitfish *Siganus canaliculatus* (Park) in Okinawa, Southern Japan. Jap. Soc. Fish. Sci. 64(1), 44-51.
- Hwang, S. I. 1993. Gonadal development and sex reversal by 17 α -methyltestosterone treatment of *Epinephelus akaara* (TEMMINCK and SCHLEGEL). M. S. Thesis Nat. Univ. Cheju, 35 pp (in Korean).
- Hwang, H. K. 1999. Biological studies on aquaculture of the rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Pd. D. Thesis. Nat. Univ. Cheju, 124 pp (in Korean).
- Jang, D. S. 1986. A study on the age and growth of *Branchiostegus japonicus*(HOUTUYN). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 39, 13~20.
- Jeong, M. G. kl 1998. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea. pp. 331~332.
- Kaneko, T. 1986. Studis on reproductive rhythms in gobiid fish. Doctoral thesis, The university of Tokyo.
- Kaneko, T., I. Hanyu and Hitose, 1984. Annual reproductive cycle of a tide pool-living goby, *Chasnichtys dolichognathus*. Soc. Sci. Fish., 50, 1535~1540.
- Kim, B. H. 1998. Sex differentiation and gonad development of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. M. S. Thesis Nat. Univ. Cheju, 28 pp (in Korean).
- Kim, D. H. and S. C. Jeong. 1988. On the age and growth of the red tile fish, *Branchiostegus japonicus japonicus*(HOUTTUYN) in the adjacent waters of Jeju island. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat.

- Univ., 12, 29~41.
- Kim, D. S., K. Y. Lee and T. Y. Lee. 1990. Gonadal sex differentiation in *Misgurnus mizolepis*. Korean J. Ichthyol., 2, 95~105.
- Kim, H. B. 1989. Sex differentiation and Development of the gonad in red sea bream, *Pagrus major* with cultured condition. Pd. D. Thesis Nat. Fish. Univ. Busan, 38 pp (in Korean).
- Kim, Y. U., Y. M. Kim and Y. S. Kim. 1994. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, pp 83.
- Lee, S. J., Y. B. Go and Y. D. Lee. 2000. Annual reproductive cycle of the file fish, *Stephanolepis cirrhifer*, on the southern coast of Jeju island. Korean J. Ichthyol., 12(1), 62~70.
- Lee, S. J., Y. B. Go, Y. D. Lee, J. H. Jung and C. H. Han. 2000. Annual reproductive cycle of the file fish, *Thamnconus modestus*, on the southern coast of Jeju island. Korean J. Ichthyol., 12(1), 71~84.
- Lee, T. Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Kor. Fish. Soc., 17, 423~435 (in korean).
- Lee, Y. D., H. K. Rho and T. Y. Lee. 1991. Reproductive ecology of the wrasse, *Halicoeres poecilopterus*(Temminck et Schlegel). Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 15, 93~102.
- Lee, Y. D., H. B. Go, H. B. Kim, I. S. Park and J. J. Lee. 1993. Sex reversal of protogynous hermaphrodite fish. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 17, 115~127.
- Lee, Y. D., Y. B. Go and S. C. Chung. 1992. Reproductive cycle and sex reversal of the cock-tail wrasse, *Pteragogus flagellifera*. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 16, 43~53.

- Lee, Y. D. and T. Y. Lee. 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel). Bull. Korea Fish. Soc., 20, 509~519 (in Korean).
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee. 1990. Sex differentiation and Development of the gonad in the flounder, *Paralichthys olivaceus*(Temminck et Schlegel). Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 14, 61~86.
- Lim, D. Y. and H. Misu. 1974. On the age determination of Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus* in the adjacent waters of Tsushima Island. Bull. Seikai Res. Fish. Res. Lab., 4b, 41~51.
- Lundquist, H. 1980. Influence of photoperiod on grow in Baltic salmon parr (*Salmo salar L.*) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. J. Zool., 58, 940~944.
- Matsuura, S., T. Naito and M. Shincho. 1994. Gonadal sex differentiation in tiger puffer, *Takifugu rubripes*. Jap. J. Ichthyol., 42(2), 619~625.
- Nakamura, M., T. F. Hourigan, K. Yamauchi, Y. Nagahama and E. G. Grau. 1989. Histological and ultrastructural evidence for the role of gonadal steroid hormones in sex change in the protogynous wrasse, *Thalassoma duperrey*. Env. Biol. Fish., 24(2), 117~136.
- Nakamura, M., T. Mariko and Y. Nagahama. 1994. Ultrastructure and in vitro steroidogenesis of the gonads in the protandrous anemonefish *Amphiprion frenatus*. Jap. J. Ichthyol., 41(1), 47~56.
- Oh, S. R. 1998. Early gonadogenesis and gametogenesis in scorpion fish, *Sebastes marmoratus*, M. S. Thesis Nat. Univ. Cheju, 25 pp (in Korean).
- Park, I. S., Y. D. Lee and E. Y. Chung. 1997. Gonadal sex differentiation in cherry salmon, *Oncorhynchus masou*. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju

- Nat. Univ., 21, 1~9.
- Patio, R., K. B. Davis, J. E. Shoore, C. Uguz, C. A. Strussmann and N. C. Parker. 1996. Sex differentiation of channel catfish, *Ictalurus punctatus*: normal development and effects of temperature. J. Exp. Zoology., 276, 209~218.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986. Annual reproductive cycle of 2-3 year-old female goldfish and its artificial modification by manipulation of water temperature and photoperiod. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 52, 965~969.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986. Effect of continued short photoperiod at warm temperature and following change of regimes on gonadal maturation of goldfish. *ibid.*, 52, 2061~2068.
- Ross, J. L. and J. V. Merriner. 1983. Reproductive biology of the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*, off north Carolina and south Carolina. Fish. Bull., 81, 553~568.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1982. Environment regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Ascheilognathus tabra*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48, 1563~1568.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1983. Environment regulation of spawning-period in an autumn spawning bitterling, *Pseudoperilampus typus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 49, 895~900.
- Shimizu, A., K. Aida and I. Hanyu. 1987. Annual reproductive cycle in an autumn-spawning bitterling, *Acheilognathus rhombea*. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 529~536.
- Strussmann, C. A., J. C. C. Cota, G. Phonlor, H. Higuchi and F. Takashima. 1996 b. Temperature effects on sex differentiation of two south American atherinids, *Odontesthes argentinensis* and *Patagonina hatcheri*. Env. Bio. Fish., 47, 143~154.

- Strussmann, C. A., F. Takashima and K. Toda. 1996 a. Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. J. Aqua., 139, 31~45.
- Suzuki, N., M. Tamura and I. Ohguchi. 1992. Gonadal sex differentiation of hatchery-reared flounder, *Limanda yokohamae*. Jap. J. Ichthyol., 40(2), 189~199.
- Takahashi, H. 1977. Juvenile hermaphroditism in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 28(2), 57~65.
- Takahashi, H. and M. Shimizu. 1983. Juvenile intersexuality in a cyprinid fish, the sumatra barb, *Barbus tetrazoa tetrazoa*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 34(2), 69~78.
- Takano, K. 1964. On the formation and follicular changes in *Lebistes reticulatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 15, 147~155.
- Takano, K. 1989. Oogenesis and structure of ovary, in "Monographs on aquaculture science Vol, 4, Reproductive biology of fish and shellfish" (ed. by Takeshima and Hanyu), Tokyo, 1989, pp. 3~34.
- Wallace, R. A. and Selman, K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool., 21, 325~343.
- Watanabe, K. and Suzuki, N. 1996. Sex differentiation, sexual maturity and the spawning season of the red tilefish *Branchiostegus japonicus* on the pacific coast of Tokushima prefecture. Japan. J. Fish. Soc., 62(3), 406~413.
- Yamamoto, T. 1969. Sex differentiation. In Fish Physiology. Vol. 3, Edited by W. S. Hoar and D. J. Randall. Academic Press, New York, pp. 117~175.
- Yang, S. G., J. M. Lee, J. H. Lee, K. M. Kim and C. M. An. 1997. Reproductive cycle of red horsehead, *Branchiostegus japonicus*.

- Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Ins., 53, 73~79.
- Yoshikawa, H. and M. Oguri. 1978. Sex differentiation in a cichlid, *Tilapia zilli*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(4), 313~318.
- Zhu, Y., K. Furukawa, K. Aida and I. Hanyu. 1989. Annual reproductive rhythm of the tobinumeri-dragonet, *Repomucenus beniteguri* (Callionymidae) in Lake Hamana. Nippon Suisan Gakkahishi. 55, 591~599.



감사의 글

이 논문이 완성되기까지 언제나 한결같은 지도와 뜨거운 격려로 저를 이끌어주신 이영돈 선생님 고맙습니다. 그리고 부족한 논문을 정성껏 다듬어 주신 최광식 선생님과 이제희 선생님께 진심으로 감사드립니다.

많은 관심과 자상한 충고를 아끼지 않으셨던 고마우신 이정재 선생님, 정상철 선생님, 이기완 선생님, 노 섬 선생님, 허문수 선생님, 여인규 선생님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 실험이 이루어지도록 샘플 채집에 도움을 주신 국립수산진흥원 제주 수산연구소 제주분소장이신 강용진 장장님과 이창훈, 하동수, 손명호 연구사님과 남해수산연구소의 김대권, 장대수 연구관님께 감사를 드립니다.

실험과 자료정리를 위해 많은 시간을 동고동락했던 실험실 가족들인 나오수, 오성립, 송영보, 박성보, 김봉원, 이치훈, 고희진, 서종표, 김봉래 선배님과 진숙자, 김한준, 김진완, 박창범, 고범호, 진영석, 강지웅, 고정남, 한성민, 허상우, 부문수, 강경미, 최정훈에게 감사를 드리며, 멀리 이국 땅에서 항상 격려를 아끼지 않았던 김병호, 박용주, 임봉수 선배님과 문순주에게도 고마움을 전합니다. 아울러 늘 옆에서 많은 조언을 해주신 변수철, 최영웅 선배님을 비롯하여 대학원 선배님들과 항상 성원을 해주신 주위 모든 분들께 감사드립니다.

언제나 내 마음속에서 힘이 되어주신 할아버님과 할머니님, 사랑과 정성으로 보살펴 주시고 묵묵히 뒷바라지 해주시며 언제나 가족의 소중함을 일깨우신 부모님과 사랑하는 내 동생 의권, 현권 그리고 외삼촌 가족들에게도 고마움을 전합니다. 끝으로, 항상 멀리 떨어져 힘들게 지내면서도 항상 옆에 있는 듯 나를 믿고 도와준 사랑하는 주연이에게 이 작은 결실로 대신하고자 합니다.